

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. April 2004 (22.04.2004)

PCT

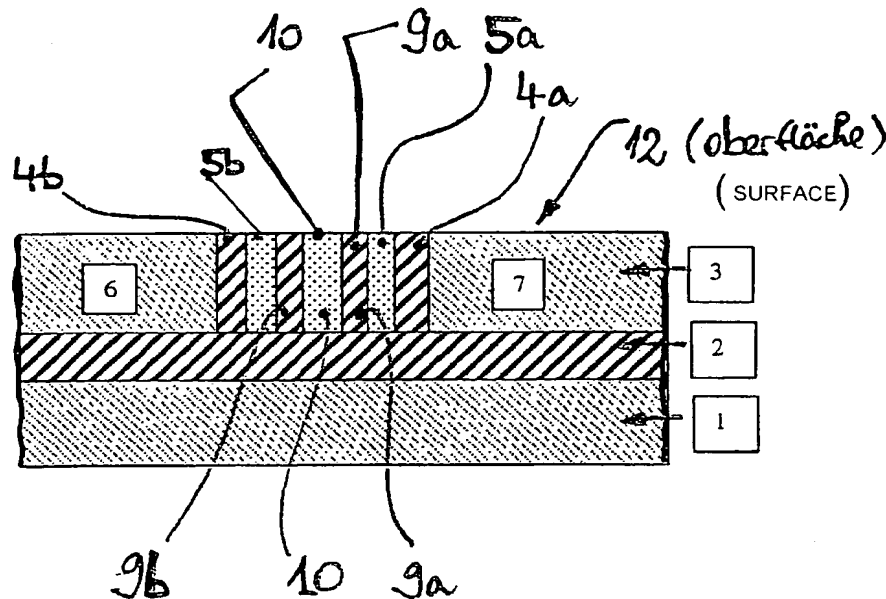
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/034462 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 21/762** (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **X-FAB SEMICONDUCTOR FOUNDRIES AG** [DE/DE]; Haarbergstrasse 67, 99097 Erfurt (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE2003/003332**
- (22) Internationales Anmeldedatum: 8. Oktober 2003 (08.10.2003) (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LERNER, Ralf** [DE/DE]; Josef-Albers-Strasse 20, 99085 Erfurt (DE). **ECKOLDT, Uwe** [DE/DE]; Im Dorfe 60, 99448 Hohenfelden (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (74) Anwälte: **LEONHARD OLGEMOELLER FRICKE** usw.; Postfach 10 09 62, 80083 München (DE).
- (30) Angaben zur Priorität: 102 46 949.0 8. Oktober 2002 (08.10.2002) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU,
- (61) Zusatzanmeldung zu früherer Anmeldung oder früherem Patent: DE Nicht mitgeteilt (POA) Angemeldet am 8. Oktober 2003 (08.10.2003)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: TRENCH INSULATION IN SUBSTRATE DISKS COMPRISING LOGIC SEMICONDUCTORS AND POWER SEMICONDUCTORS

(54) Bezeichnung: TRENCHISOLATION IN SUBSTRATSCHLEIBEN MIT LOGIK- UND LEISTUNGSHALBLEITERN



(57) Abstract: Disclosed is a layer arrangement (4b, 5b, 9b, 10, 9a, 5a, 4a) within an insulating trench, which insulates circuits with little distortion while being suitable for electrically insulating high-voltage power components (7) relative to low-voltage logic elements (6) that are integrated on the same chip (1, 2, 3). Also disclosed is the production of a sequence of alternating vertical layers in a trench (T). The electric strength for high voltages is improved while the influence of defects created by distortions of substrate disks is prevented.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/034462 A1



SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht*
— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird eine Schichtanordnung (4b,5b,9b,10,9a,5a,4a) innerhalb eines Isoliergrabens (Trench) für eine verbiegungsarme Isolation von Schaltkreisen mit der Eignung einer elektrischen Isolation von Hochspannungs-Leistungsbau-elementen (7) gegenüber auf dem selben Chip (1,2,3) integrierten Niederspannungs-Logikelementen (6) vorgeschlagen. Eine Herstellung mit alternierender Vertikalschichtfolge im Trench (T) wird beschrieben. Die Spannungsfestigkeit für hohe Spannungen wird verbessert und es werden Fehlereinflüsse durch Substratscheiben-Verbiegungen verhindert.

Trenchisolation in Substratscheiben mit Logik- und Leistungshalbleitern

Die Erfindung betrifft eine verbesserte Trench-Isolation und ein Herstellungsverfahren zur Herstellung dieser Isolation in einem System aus Substratscheibe bzw. aktiver Siliziumschicht zur Einbringung von nahe benachbarten Hochspannungs-Leistungsbau-elementen und Niederspannungs-Logikelementen. Diese Trench-Isolationen werden in die Substratscheibe bzw. zwischen die aktiven Siliziumbereiche für Leistungsbau-element bzw. Logikbau-element eingebracht.

Beide Bauelemente gehören demselben Schaltkreis an und sind integriert. Die Integration von Logikelementen im Niederspannungsbereich und Leistungselementen im Hochspannungsbereich auf ein und demselben Silizium-Schaltkreis erfordert eine Trennung der Potentiale. Diese Potentiale müssen gegeneinander bzw. voneinander so stark isoliert werden, wie die maximal anstehende Spannung als Potentialdifferenz zwischen diesen beiden, den genannten aktiven Siliziumbereichen zugeordneten Potentialen, es erfordert. Eine Möglichkeit ist eine sogenannte dielektrische Trench-Isolation. Dabei wird zunächst eine vertikal wirkende Isolation zwischen dem jeweiligen Bauelement (dem aktiven Siliziumbereich) und dem Substrat durch eine vergrabene Schicht, die üblicherweise aus Siliziumoxid (SiO_2) besteht, realisiert. Es sind auch andere Arten von Isolierschichten denkbar. Später im Herstellungsprozess des Standes der Technik wird eine lateral wirksame Isolation durch einen Graben hergestellt, im einfachsten Fall durch Ätzen des Grabens zwischen die beiden "aktiven Siliziumbereiche". Der Graben reicht bis auf bzw. bis in die vergrabene, isolierende Schicht (bis zu der Schicht) und wird mit Isoliermaterial wieder aufgefüllt. Dadurch entsteht die Isolationsbarriere oder die Trench-Isolation.

Aus den Schriften **EP-A 1 184 902** (Matsushita) und **EP-A 1 220 312**

(STMikroelektronics) sind Trench-Isolationen bekannt, bei denen nur ein Teil des Grabens durch Isoliermaterial aufgefüllt wird, wobei ein restliches Volumen mit Füllmaterial belegt ist oder gefüllt ist, das auch elektrisch leitfähig sein könnte.

Vorgeschlagen wird Polysilizium. Aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten der üblicherweise verwendeten Werkstoffe, wie Siliziumaktiv-Schicht, SiO_2 als Isolator und Polysilizium als Füllschicht kann die Dicke der Isolierschicht nicht beliebig groß sein. Bedingt durch die unterschiedliche thermische Ausdehnung käme es sonst zu einer nicht zu tolerierenden Verbiegung der Siliziumscheibe, die deren Prozessierbarkeit so stark beeinträchtigt, dass sie kaum noch realisierbar ist. Aus diesen Gründen ist die Dicke der isolierenden Schicht in den Gräben des Standes der Technik begrenzt. Werden höhere Spannungsfestigkeiten

gefordert, kann das nicht in einer größeren Grabenbreite (Trench-Breite) münden, sondern führt dazu, dass mehrere Trenchs nebeneinander, quasi in Serie geschaltet in das Silizium eingebracht und zwischen die beiden aktiven Siliziumbereiche eingefügt werden. Es wird dementsprechend mehr Platz auf dem Substrat, bzw. der Siliziumscheibe benötigt. Auch die Struktur der Seitenwände des oder der Gräben haben neben der Art, Dicke und Homogenität der Isolationsschicht im Graben Einfluss auf die erreichbare laterale, elektrische Durchbruchsspannung. Siliziumspitzen und solche Ecken müssen vermieden werden, da diese zu Feldstärke-Überhöhungen führen und somit das Isolationsvermögen eines oder mehrerer in Serie geschalteter Trenchs herabsetzen.

Die Erfindung **geht von der Aufgabe aus**, teure Chipfläche (Waferfläche) einzusparen und die Grabenbreite (Gesamtbreite) eines Isoliergraben-Systems zu reduzieren. Gleichzeitig soll die Zuverlässigkeit der Trench-Isolation gegenüber lateral anstehenden hohen Spannungen erhöht werden.

Erfindungsgemäß wird die genannte Aufgabe als technisches Problem dadurch gelöst, dass in einem verbreiterten Graben (Trench) eine alternierende Folge von mehreren Isolatorschichten und Füllschichten angeordnet wird, wobei die Schichten (Füllschichten und Isolatorschichten) in ihrer Zusammensetzung so gewählt werden, dass sich für den Grabenbereich gemittelt über alle Schichten in der Summe eine thermische Ausdehnung ergibt, welche nahe derjenigen thermischen Ausdehnung liegt, die der Halbleiterwafer, in der Regel das Silizium besitzt (Anspruch 1, Anspruch 9, Anspruch 10).

Damit kann vermieden werden, dass sich eine unerwünschte Verbiegung der Substratscheibe entwickelt, bei thermischen Belastungen des später daraus gefertigten Halbleiters mit den Halbleiterbauelementen, welche den benachbarten "aktiven Siliziumbereichen" zugeordnet werden. Auch die Prozessfähigkeit wird erhalten, indem sich unerwünschte Verbiegungen während der Prozessierung nicht einstellen. Damit wird auch der Gefahr der Erzeugung (Generation) von Kristalldefekten vorgebeugt, bzw. solche Defekte ganz vermieden. Als Folge ergibt sich eine Ausbeuteerhöhung.

Die in der Summe dickeren Isolatorschichten führen zu einer deutlichen Erhöhung der erreichbaren Durchbruchsspannung in dem verbreiterten Graben. Es hat sich gezeigt, dass auch vorhandene Unebenheiten der Seitenwände des Trenchs keinen signifikanten Einfluss auf die erzielte Durchbruchsspannung des Grabensystems gemäß der Erfindung haben.

Durch die vorhandenen mehreren Füllschichten und mehreren Isolatorschichten besteht eine Möglichkeit, die thermische Ausdehnung des Gesamtgebildes im Trench einzustellen und an die thermische Ausdehnung des Siliziums als bevorzugter Halbleiter zumindest anzunähern. Das heißt mit anderen Worten, dass die thermische Ausdehnungsfähigkeit des mit der vertikalen Schichtenfolge gefüllten Grabens und des umgebenden Halbleiters im wesentlichen gleich sind, jedenfalls so weit angenähert sind, dass sich keine schädliche Verbiegung der Substratscheibe ergibt (Anspruch 5).

Als Isolierschicht können Schichten aus Siliziumoxid oder SiN verwendet werden (Anspruch 2). Als Füllschichten können solche Schichten verwendet werden, die in ihrer Grundsubstanz Polysilizium aufweisen (Anspruch 3).

Bevorzugt können die Isolierschichten im Trench aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen (Anspruch 21).

Soweit von einem Graben gesprochen wird, ist derjenige Graben gemeint, der zunächst zwischen die beiden aktiven Siliziumbereichen eingebracht, insbesondere geätzt wird. Dieser Graben wird im Zuge eines Herstellungsverfahrens mit vertikal stehenden Schichten als Schichtenfolge oder Schichtensumme wieder verfüllt und ist dann in fertiger Gestaltung kein Graben mehr, sondern eine in die Tiefe des Wafers reichende Trench-Isolation, die auf der Höhe von beiden hier aneinandergrenzenden aktiven Siliziumbereichen, einem für ein Niederspannungs-Logikelement und einem für ein Hochspannungs-Leistungselement liegt. Aufgrund seiner Herkunft aber bleibt man bei der Terminologie, dass es sich hierbei um einen Graben handelt, der im Sinne einer "Trench-Isolation" isolierend befüllt ist (Anspruch 4).

Die Füllung dieses Grabens entspricht dem erfindungsgemäßen Aufbau (Anspruch 1, Anspruch 9). Die Herstellung ergibt sich durch die zeitlich nacheinander folgende Einbringung von im wesentlichen vertikal, bzw. parallel zu den Grabenwänden liegenden Schichten, die aus mehr als zwei Isolierschichten und zumindest zwei, bevorzugt auch mehr Füllschichten bestehen. Dabei sind bei zwei gegenüberliegenden Grabenwänden eine gerade Anzahl von Isolierschichten vorgesehen und eine ungerade Anzahl von Füllschichten, woraus sich die Folge von isolierenden Schichten und Füllschichten ergibt, die sich miteinander abwechseln. Diese alternierende Folge von Schichten bietet die Möglichkeit der besseren Anpassung der thermischen Ausdehnung an diejenige der Siliziumscheibe bzw. des Werkstoffs Silizium. Ist ein anderer Halbleiter-Werkstoff für die Scheibe vorgesehen, ist die Erfindung entsprechend zu

übertragen, auf das andere Halbleiterkristall bzw. den anderen Halbleiterwerkstoff, der als Substrat verwendet wird.

Bei der Herstellung (Anspruch 10) eines Isoliergrabens kann so vorgegangen werden, dass zunächst der Graben (Trench) unter Zuhilfenahme einer strukturierten Foto-Lackschicht erzeugt wird, beispielsweise durch Plasmaätzen. Von diesem Trench geht die Benennung bzw. Terminologie aus. Es folgt das Einbringen einer ersten isolierenden Schicht, z.B. aus SiO_2 , durch beispielsweise ein CVD-Verfahren oder durch eine thermische Oxidation.

Danach wird eine erste Füllschicht abgeschieden, zwischen die gebildeten Isolierschichten, beispielsweise auch durch ein CVD-Verfahren. Nach Abscheiden der ersten Füllschicht, die den Raum zwischen beiden Isolierschichten einnimmt und den Graben zunächst vollständig füllt, wird ein Teil dieser Schicht wieder entfernt, um einen Abschnitt des Bodens des Grabens freizulegen, der bevorzugt aus der vergrabenen Isolierschicht besteht, die für die vertikale Isolation der gegenüberliegenden aktiven Siliziumbereiche sorgt. Die Füllschicht am Boden wird insoweit entfernt, dass ein neuer, schmalerer Trench entsteht, der wieder zur Aufnahme weiterer Isolationsschichten verwendet werden kann, die vertikal an den neu gebildeten Wänden des verschmälerten Grabens abgeschieden oder aufgewachsen werden.

Durch die Entfernung der Füllschicht am Boden des Grabens wird ein leitfähiger Kanal am Boden des Grabens verhindert, der nachfolgend aufgebraute Isolierschichten kurzschließen würde. Das Entfernen des Anteils der Füllschicht kann z.B. durch ein übliches, anisotrop angreifendes Ätzverfahren gut erreicht werden. Mit diesem anisotropen Ätzverfahren kann auch die Füllschicht auf der Oberfläche der Siliziumscheibe mit entfernt werden.

Es folgt eine weitere Abscheidung eines Oxids, was zur Aufbringung der weiteren Isolierschicht dient, die als solches sowohl auf der horizontalen Erstreckung, wie auch in den neu geschaffenen, verschmälerten Graben hineinreicht. Hier bildet sie zwei parallele Schichtenabschnitte, die im wesentlichen vertikal, also parallel zu den Grabenwänden liegen. Das Einbringen dieser weiteren Isolierschicht, bezogen auf die Grabenwände das Einbringen der zwei gegenüberliegenden Abschnitte von Isolierschichten, auch als "Schichten" bezeichnet, kann durch thermische Oxidation des innen freiliegenden Polysiliziums (als gegenüberliegende Füllschichten) hergestellt werden.

Die sich in horizontaler Richtung oberhalb des Grabens erstreckende, ebenfalls neu gebildete Oxidschicht, kann eine weitere Funktion übernehmen. Sie kann als Stoppschicht für eine abschließende Einebnung der Oberfläche bzw. eine Glättung benutzt werden.

Diese Glättung oder Einebnung findet aber erst statt, nachdem eine weitere Füllschicht zwischen die zuletzt gebildeten, im wesentlichen vertikal verlaufenden und an dem jetzigen, nochmals näher zueinander liegenden Grabenwänden eingefüllt wurde, in ähnlicher Weise, wie zuvor beschrieben (Chemical Vapour Deposition, CVD). Wenn sie dabei auch eine horizontale Erstreckungen oberhalb des Grabens erreicht, kann diese Erstreckung durch den Abtragungsprozess bei der Einebnung entfernt werden, ggf. auch mit der darunter liegenden Stoppschicht, wobei infolge des Abtragsprozesses beim Glätten durch die Stoppschicht ein starker Rückgang der Ätzrate erzielt wird.

Nach der Planarisierung kann zum Schluss diese Isolations-Oxidschicht auf einem üblichen Weg auch noch entfernt werden, so dass die Schichtenfolge im Graben unmittelbar sichtbar ist und die alternierende Folge von sich abwechselnden elektrisch isolierenden Isolierschichten und Füllschichten die gesamte ursprüngliche Grabenbreite einnimmt, zur Schaffung einer erhöhten Isolationsfestigkeit in einem gegenüber dem Stand der Technik verbreiterten ursprünglichen Graben.

Dazuhin ist die Möglichkeit gegeben, durch die höhere Anzahl von Schichten im Graben eine bessere Einstellung der thermischen Ausdehnung der Grabenfüllung zu erreichen, zur Vermeidung schädlicher Verbiegungen des Substrats bzw. der Substratscheibe.

Die Reihenfolge der Schichteneinbringung kann auch umgekehrt werden, zuerst beginnend mit der Füllschicht, deren Öffnen (Begrenzen) und dem folgenden Einbringen von Isolatorschichten auf den Innenwänden der (breiten-)begrenzten Füllschichten.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sollen diese erläutern und ergänzen, wobei von schematischen Skizzen ausgegangen wird.

- Figur 1** ist ein Querschnitt durch eine bekannte Isoliergrabenanordnung als Trench-Isolation mit drei vertikal im Graben verlaufenden Schichten. Der isolierende Graben (Trench) ist mit 8 im Kreis symbolisch hervorgehoben.
- Figur 2** ist ein Querschnitt durch einen ersten Schritt eines Ausführungsbeispiels der Erfindung, im Stadium nach einem Einbringen einer ersten Füllschicht.
- Figur 3** ist eine weitere Stufe des Herstellverfahrens im Stadium nach dem Einbringen einer zweiten Isolierschicht als Schichtenpaar 9a,9b an den Innenseiten der Füllschichten 5a,5b nach der vorhergehenden Figur.
- Figur 4** ist ein weiterer Schritt des Herstellverfahrens im Stadium nach dem Einbringen einer zweiten Füllschicht 10 zwischen die beiden Isolierschichten nach der vorhergehenden Figur.
- Figur 5** ist ein Querschnitt durch die Trenchanordnung nach einem weiteren Schritt des Herstellverfahrens, namentlich demjenigen der Planarisierung der Oberfläche.

Die Figuren sind eigentlich selbsterklärend und bedürften keiner weiteren Erläuterung. Gleichwohl soll auf die eingehende Erläuterung der Prozessfolge im einleitenden Teil der Beschreibung Bezug genommen werden, die hier im konkreten Ausführungsbeispiel angewendet ist.

Der Stand der Technik nach **Figur 1** soll wie folgt beschrieben werden. Eine Substratscheibe 1 aus Substratmaterial, z.B. aus Silizium, trägt eine vergrabene, elektrisch isolierende Schicht 2, z.B. aus Siliziumoxid (SiO_2), als "buried oxide" (Box). Zwei aktive Siliziumbereiche auf einem ersten Potential 1 und einem zweiten Potential 2 sind mit 6,7 bezeichnet, wobei sie für ein Niederspannungs-Logikelement im Bereich 6 und ein Hochspannungs-Leistungselement im Bereich 7 vorgesehen sein können. Sie sind in einer aktiven Siliziumschicht 3 vorgesehen, wobei von dem Wafer nur ein Ausschnitt gezeigt wird, um die Anordnung und Struktur des Grabens 8 (Trench) zu verdeutlichen. Dieser trägt an den Grabenwänden jeweils eine Isolierschicht 14a,14b, die zwischen sich eine Füllschicht 15 aufnehmen, um den Graben vollständig zu füllen und Isoliereigenschaft zu haben, zwischen den beiden unterschiedlichen Potentialen

der aktiven Siliziumbereiche 6 bzw. 7. Sie können integrierter Bestandteil eines in Silizium gefertigten Schaltkreises ("Siliziumschaltkreis") sein, der nicht gesondert dargestellt ist.

Figur 2 veranschaulicht ein Stadium der Entstehung eines Isolations-Trenchs bzw. einer Trench-Isolation, bei dem bereits mehrere Prozessschritte abgelaufen sind, die aber ohne weiteres an dem gezeigten Ergebnis ersichtlich sind.

Dargestellt ist das selbe Substrat als Substratscheibe 1, beispielsweise Silizium, die vergrabene elektrisch isolierende Schicht 2, beispielsweise SiO_2 als Box, und die darüber liegende aktive Siliziumschicht 3 als "devicewafer". Ebenfalls gezeigt ist der aktive Siliziumbereich des ersten Potentials, der links mit 6 bezeichnet ist, und der zweite aktive Siliziumbereich, rechts mit 7 bezeichnet, die sich nach Fertigstellung des Halbleiters und im Betrieb auf unterschiedlichen Potentialen befinden werden, die voneinander zu isolieren sind.

Eingebracht war in der Figur 2 bereits ein erster Graben T zwischen die beiden aktiven Siliziumbereiche 6,7, der die Breite besitzt, welche anhand des Grabenbodens B ersichtlich ist, wobei der Graben T bis zur vergrabenen elektrisch isolierenden Schicht 2 reicht. Der Graben kann unter Zuhilfenahme einer strukturierten Fotolackschicht durch Plasmaätzen erzeugt worden sein. Es ist das Einbringen einer ersten isolierenden Schicht in Folge vorzusehen, z.B. aus SiO_2 , beispielsweise über ein CVD-Verfahren oder eine thermische Oxidation. Diese Isolierschicht ist im horizontalen Anteil (auf den aktiven Siliziumbereichen 6,7) mit 4c bezeichnet und in den beiden vertikalen Anteilen, die die ursprünglichen Grabenwände bedecken, als Schichten 4a,4b gegenüberliegend gezeigt, die bis zum Grabenboden B reichen, der von der Oberfläche der vergrabenen Isolierschicht 2 gebildet wird.

Danach ist eine erste Füllschicht ausgebildet worden, die symbolisch mit 5 bezeichnet ist, beispielsweise auch mittels eines CVD-Verfahrens. Das Abscheiden füllte den gesamten Graben T zwischen den beiden Isolierschichten 4a,4b auf und bedeckt die Bodenfläche des verbliebenen Grabenbodens B0, der eine Breite hat, die der ursprünglichen Breite des Bodens B entsprach, abzüglich der Dicken der beiden Isolierschichten 4a,4b.

Die Füllschicht 5 wurde bis zum Boden des Grabens entfernt, wodurch eine Öffnung entsteht, die in Figur 2 erneut mit T als neuer, nach oben offener Graben benannt ist. Damit kann ein leitfähiger Kanal am Grabenboden B1 verhindert werden, der

nachfolgende Isolierschichten kurzschließen würde. Das kann z.B. durch ein übliches anisotrop angreifendes Ätzverfahren gut erreicht werden. Zweckmäßig ist dabei auch die Füllschicht auf der Oberfläche der Siliziumscheibe mit entfernt worden, die im Stadium der Figur 2 nur noch die Oxidschicht 4c trägt.

Gezeigt ist in **Figur 2** ein Begrenzen der ersten eingebrachten Füllschicht 5, so dass sich zwei laterale Flächenabschnitte 5a,5b als Schichten ergeben, die sich als parallel zu den ursprünglichen und neuen Grabenwänden verlaufend darstellen. Ihre Breite ist geringer - in Summe gesehen - als die ursprüngliche Breite der Füllschicht 5.

Die ursprüngliche Füllschicht 5 ist also in einem Bereich des Grabensbodens nicht mehr vorhanden, der jetzt mit B1 bezeichnet ist, wobei dieser neue Grabenboden B1 kleiner (schmäler) ist, als der vorhergehende Grabenboden B0 und ebenfalls kleiner ist als der ursprüngliche Grabenboden B. Die Breitenverhältnisse der jeweiligen Böden von T lassen sich an Figur 2 ohne weiteres ablesen.

In **Figur 3** ist ein Querschnitt in einem weiteren Stadium des Herstellungsverfahrens gezeigt, nach dem Einbringen einer zweiten Isolierschicht. Die zweite Isolierschicht enthält mehrere Abschnitte, zwei horizontale Abschnitte 9a',9b' und zwei vertikale Abschnitte 9a,9b. Die horizontalen Abschnitte schließen an die bisherige horizontale Isolierschicht 4c an und liegen oberhalb der Füllschichten 5a,5b aus Figur 2, alternativ sind sie ein Stück in diese Füllschichten hineinoxidiert, wie auch die im Graben liegenden vertikalen Schichten 9a,9b, die ebenfalls ein Stück weit in die Füllschicht 5a,5b aus Figur 2 hineinoxidiert worden sein können. Dadurch reduziert sich die Höhe und die Breite der in Figur 2 gezeigten Füllschichten 5a,5b.

Sie sind in Figur 3 aber zur Identifizierung noch mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Durch diese weitere Oxidabscheidung 9a',9a,9b,9b' wird die zweite Isolierschicht aufgebracht. Die Oxidation ist eine thermische Oxidation des beispielsweise verwendeten Polysiliziums für die erste Füllschicht mit ihren verbliebenen Schichten 5a,5b.

In einem weiteren Stadium des Herstellverfahrens, welches in **Figur 4** repräsentiert ist, ist eine zweite Füllschicht 10,10a,10b vorgesehen, die ebenfalls Polysilizium aufweisen kann. Diese Füllschicht besitzt horizontale Anteile 10a,10b oberhalb der zuvor genannten Isolatorschicht 4c,9a',9b', und einen vertikalen Abschnitt 10, der den Grabenrest gänzlich auffüllt, so dass der gesamte Trench T aufgefüllt wurde. Nachdem

unter dem horizontalen Abschnitt der zweiten Füllschicht, also der zutageliegenden Oberfläche eine Isolatorschicht angeordnet ist, kann diese als Stoppschicht für eine abschließende Oberflächeneinebnung bzw. eine solche Glättung benutzt werden. Durch die Stoppschicht wird erreicht, dass ein Abtragprozess beim Glätten in seiner Ätzrate stark zurückgeht. Nach diesem Planarisierungsschritt kann zum Schluss auch die zweite Isolatorschicht 4c, 9a', 9b' auf einem bekannten (üblichen) Weg entfernt werden, so dass ein Stadium des Herstellverfahrens erreicht wird, welches in **Figur 5** repräsentiert ist. Hier ist der Isoliergrabenaufbau nach der Planarisierung gezeigt, mit einer abwechselnden Folge von Isolierschichten und Füllschichten, die jeweils vertikal im Graben stehend angeordnet sind und eine Breite besitzen, die kleiner ist, als die ursprüngliche Grabenbreite des ursprünglichen Grabenbodens B gemäß Figur 2. Es fällt auf, dass eine ungerade Zahl von Füllschichten vorgesehen ist und eine gerade Zahl von Isolierschichten. Zumindest sieben sich abwechselnde Schichten liegen vor.

Abhängig von der Höhe einer zu isolierenden Spannung kann die beschriebene Verfahrensfolge nach den Figuren 2, 3 und 4 vor dem letzten Planarisierungsschritt nach Figur 5 auch wiederholt werden, ein oder mehrere Male.

Die Abhängigkeit von der Spannung, die später zu sperren ist, bestimmt einerseits die Grabenbreite und andererseits die Anzahl der verwendeten Schichten (Isolierschicht und Füllschicht). Es wird dabei jeweils die zuletzt eingebrachte Füllschicht 10 im Inneren des Grabens von oben geöffnet, bis sie auf einem Grabenboden nicht mehr vorhanden ist, der eine kleinere laterale Erstreckung hat, als der vor Einbringung der Füllschicht vorhandene Grabenboden. Es entstehen dadurch wieder zwei neue (schmalere) Füllschichten, entsprechend denjenigen Schichten 5a, 5b, die nach Öffnen der eingebrachten Füllschicht 5 lateral an den Grabenwänden entstanden sind. In diese neue Grabenwände werden dann analog der beschriebenen Oxidschichten weitere solche eingebracht, vgl. entsprechend die Figur 3, und dann erneut eine Auffüllung mit einer noch weiteren Füllschicht entsprechend Figur 4, die außerdem einen horizontalen Anteil 10a, 10b links und rechts von dem vertikalen Grabenanteil 10 besitzen kann. Werden keine weiteren Schrittfolgen entsprechend den Figuren 2, 3 und 4 angefügt, kann das vollständige Schließen des Grabens nach Figur 4 in den beschriebenen Planarisierungsschritt nach Figur 5 münden.

Die Schichten in abwechselnder Folge aus Füllschicht, Isolierschicht, Füllschicht, ... können unterschiedlich stark (in Graben-Querrichtung) sein, entsprechend der Breite des Trenchs. Sie können auch unterschiedliche Substanzen aufweisen, beispielsweise die Isolierschichten aus Siliziumoxid oder/und Siliziumnitrid, SiN.

Es versteht sich aus der Figurenfolge der Figuren 2 bis 4, dass der jeweils freiliegende Grabenboden, ausgehend von der ursprünglichen Breite über die Grabenböden-Abschnitte, B0, B1, ... immer weiter reduziert wird, bis der Grabenboden vollständig bedeckt wird, durch die letzte, innen eingebrachte Füllschicht 10. In diesem Zusammenhang wird der Graben T stückweise in seiner Breite reduziert. Dennoch wird immer von dem Graben T gesprochen, der im Zuge des Herstellungsprozesses verschiedene Grabenbreiten (x-Richtung) besitzt, und dementsprechend auch verschiedene Breiten des jeweils frei liegenden Grabenbodens. Insoweit sind die Grabenwände auch jeweils andere, die im Zuge der Verfahrensschritte zueinander sich annähern, um neue vertikale Schichten aufzunehmen, die entweder durch eine Isolatorschicht oder durch Einbringen einer Füllschicht und anschließendes Begrenzen dieser Füllschicht entstehen. Es werden jeweils zwei weitere Isolatorschichten mit jeder neuen Prozessfolge nach den Figuren 2, 3 und 4 eingebracht und jeweils eine weitere Füllschicht.

Wenn sich eine weitere Folge von Prozessschritten anschließen soll, wird die innerste Füllschicht geöffnet und wiederum ein Paar von Isolatorschichten an den entstandenen neuen Grabenwänden angeordnet, gefolgt von einer weiteren, auffüllenden Füllschicht, die ggf. erneut geöffnet wird. Dieses Öffnen wird als "Begrenzen" bezeichnet, womit die Breite der Füllschicht begrenzt wird und zwei neue Schichtabschnitte entstehen, die vertikal stehend neue Grabenwände definieren.

Jedes Begrenzen reicht bis zum Boden des Grabens, der von der Box-Schicht gebildet wird, und die neuen Grabenwände sind weiter zur Mitte des Grabens gelegen, als die vorhergehend bestehenden Grabenwände, die mit den vorhergehenden Isolatorschichten belegt wurden.

Ansprüche:

1. **Isolationsgraben** in einem Substratmaterial zur elektrischen Isolation von Hochspannungs-Leistungselementen (7), die gemeinsam mit Niederspannungs-Logikelementen (6) in ein und demselben Siliziumschaltkreis in einer Substratscheibe integriert sind (Trench-Isolation), wobei der Graben (Trench) zu einem Teil mit elektrisch isolierendem Material und zum anderen Teil mit einem Füllmaterial gefüllt ist, und bis zu einer, zumindest am Boden des Trenchs verlaufenden, elektrisch isolierenden Schicht (2) reicht, wobei
 - (i) im Graben (T) mit Ausrichtung parallel zu Grabenwänden eine alternierende Folge oder sich abwechselnde elektrisch isolierende Schichten (Isolierschichten) und Füllschichten (4a,5a,9a,10,4b,5b,9b) vorhanden sind;
 - (ii) die mehreren Isolier- und Füllschichten (4a,4b,5a,5b;9a,9b,10) so zusammengesetzt sind, dass in der Summe über alle im Trench (T) befindlichen parallelen Schichten ein thermischer Ausdehnungskoeffizient der Schichtsumme eingestellt ist, welcher einem Ausdehnungskoeffizient des Substratmaterials (1,3) zumindest angenähert ist, um eine Verbiegung der Substratscheibe zu vermeiden.
2. Isolationsgraben nach Anspruch 1, wobei die Isolierschichten (4a,4b) aus Siliziumoxid sind.
3. Isolationsgraben nach Anspruch 1 oder 2, wobei die mehreren Füllschichten (5a,5b,10) in ihrer Grundsubstanz Polysilizium aufweisen.
4. Isolationsgraben nach Anspruch 1, wobei der gesamte Trench (T) in dem Substratmaterial mit den Isolier- und Füllschichten gefüllt ist.
5. Isolationsgraben nach Anspruch 1, wobei die thermischen Ausdehnungskoeffizienten derart angenähert sind, dass eine schädliche Verbiegung der Substratscheibe nicht auftritt (bei thermischer Belastung).
6. Isolationsgraben nach Anspruch 1, wobei zumindest sieben parallele Schichten im Trench (T) vorgesehen sind.

7. Isolationsgraben nach Anspruch 1, wobei die innerste Schicht (10) des gefüllten Trenchs eine Füllschicht ist.
8. Isolationsgraben nach Anspruch 1, wobei alle Schichten im Trench (T) an dessen Oberseite freigelegt, insbesondere planarisiert oder geebnet sind.
9. **Isolationsgraben** in einem Substratmaterial (1,3) einer Substratscheibe zur lateralen elektrischen Isolation (Trench-Isolation) eines ersten aktiven Halbleiterbereichs (7) - für die Einbringung eines Hochspannungs-Leistungselements - von einem zweiten aktiven Halbleiterbereichs (6) - für die Einbringung zumindest eines Niederspannungs-Logikelements -, welche Elemente gemeinsam in ein und denselben Siliziumschaltkreis integriert werden, wobei der Graben (Trench) bis zu einer, zumindest am Boden des Trenchs (T) verlaufenden, elektrisch isolierenden Schicht (2) reicht, welche bevorzugt auch unter den aktiven Bereichen (6,7) zu einer vertikalen elektrischen Isolation vorgesehen ist, wobei
 - (a) im Graben (T) mit Ausrichtung im wesentlichen parallel zu Grabenwänden eine alternierende Folge oder sich abwechselnde elektrisch isolierende Schichten (Isolierschichten) und Füllschichten (4a,5a,9a,10,4b,5b,9b) vorhanden sind;
 - (b) die mehreren Isolier- und Füllschichten (4a,4b,5a,5b;9a,9b,10) so zusammengesetzt und ausgebildet sind, dass in der Summe über alle im Trench (T) befindlichen parallelen Schichten ein erster thermischer Ausdehnungskoeffizient der Schichtengruppe eingestellt ist, welcher einem zweiten Ausdehnungskoeffizient des Substratmaterials (1,3) zumindest angenähert ist, um eine Verbiegung der Substratscheibe bei thermischer Belastung zumindest zu verringern, bevorzugt praktisch ganz zu vermeiden.

- 10. Verfahren** zur Herstellung zumindest eines Isolationsgrabens (Trench, T) zur elektrischen Isolation von Hochspannungs-Leistungselementen (7), die gemeinsam mit Niederspannungs-Logikelementen (6) in ein und demselben Siliziumschaltkreis integriert sind (Trench-Isolation), wobei der Graben (T) zu einem ersten Teil mit elektrisch isolierendem Material und zum zweiten Teil mit einem Füllmaterial in Schichten gefüllt ist und bis auf oder in eine elektrisch isolierende Schicht (2) reicht, wobei
- (i) nach einem Abscheiden einer ersten, die Grabenwandungen bedeckenden Isolierschicht (4a,4b) eine erste Füllschicht (5) eingebracht und so begrenzt wird (5a,5b), dass diese auf einem Grabenboden (B1) nicht vorhanden ist;
 - (ii) danach eine zweite Isolatorschicht (9a,9b) und dieser folgend eine zweite Füllschicht (10) in den Graben (T) eingebracht wird;
 - (iii) eine Einebnung und Glättung (Planarisierung) zumindest einer Grabenoberfläche (12) vorgenommen wird.
- 11.** Verfahren nach Anspruch 10, wobei als Isolatorschichten Siliziumoxidschichten (4a,4b;9a,9b) in den Trench (T) eingebracht werden.
- 12.** Verfahren nach Anspruch 10, wobei als Füllschichten (5a,5b,10) solche Schichten in den Trench (T) eingebracht werden, die in ihrer Grundsubstanz Polysilizium aufweisen.
- 13.** Verfahren nach Anspruch 10, wobei zumindest eine der Isolatorschichten (9a,9b) durch eine Oxidation der in einer Grundsubstanz Polysilizium aufweisenden Füllschichten (5a,5b) erzeugt wird.
- 14.** Verfahren nach Anspruch 10, wobei eine zuletzt aufgebrachte Isolatorschicht im lateralen Bereich (4c,9a',9b') außerhalb des Trenchs als Stoppschicht für ein Abtragen einer darüber liegenden Schicht Verwendung findet.
- 15.** Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Stoppschicht (4c,9a',9b') eine Ätzrate nach einem ätzenden Abtragen eines darüber liegenden, lateralen Bereichs (10a,10b) der letzten Füllschicht begrenzt.

16. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der freiliegende Grabenboden (B1) nach Begrenzen der ersten Füllschicht (5) in zwei laterale, im wesentlichen parallel zu den Grabenwandungen verlaufende Schichtabschnitte (5a,5b) eine geringere Breite aufweist, als eine Breite eines vor dem Füllschritt liegenden Grabenbodens (B0) oder eine Breite eines ursprünglichen Grabenbodens (B).
17. Verfahren nach Anspruch 10, wobei abhängig von einer Höhe der zu isolierenden Spannung in der Folge weiter verfahren wird, bis der Graben (T) voll gefüllt ist, indem Isolatorschichten mit Füllschichten abwechselnd eingebracht werden.
18. Verfahren nach Anspruch 17 und 10, wobei jeweils zumindest zwei weitere Isolatorschichten (9a,9b) und zumindest eine weitere Füllschicht (10) eingebracht werden, indem die vorhergehend eingebrachte Füllschicht (5) begrenzt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Begrenzen ein bis zum Boden (2,B1) des Grabens reichendes Öffnen der Füllschicht (5) ist, zur Bildung neuer vertikaler Grabenwände.
20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei die neuen Grabenwände einander näher benachbart sind und weiter zur Mitte des Grabens gelangt sind, als die vorhergehend bestehenden Grabenwände, die mit den vorhergehend aufgebrachten Isolatorschichten belegt wurden.
21. Isolationsgraben nach Anspruch 1 oder 9, wobei die Isolierschichten (4a,4b;9a,9b) im Trench (T) aus unterschiedlichen Werkstoffen bzw. nicht alle aus demselben Werkstoff ausgebildet sind.

* * *